Annales de l'Université de Savoie

Tome 4 - 1979 - Sciences Naturelles p. 23 - 25

Sols de montagne

ILLUSTRATION DU ROLE DES ETRES VIVANTS DANS L'ALTERATION ET LA PEDOGENESE A L'ETAGE ALPIN ET SUBALPIN

par

M. ROBERT[1], J. EYRALDE[2], J. BERRIER[1] et C. PELISONNIER[3]

RÉSUMÉ

Des études pédologiques et minéralogiques ont été effectuées sur une séquence de sols développés sur roches cristallines acides (Massif des Aiguilles Rouges et du Mont Blanc) à l'étage Alpin et Subalpin.

Des observations effectuées au microscope électronique à balayage permettent d'illustrer et de préciser l'action des végétaux dans les premiers stades de l'altération des silicates (micas - fedspaths - quartz ...). Le rôle respectif des algues, des champignons et de quelques liches différents (à thalle foliacé ou encroutant) est discuté. A côté d'une action mécanique considérable de pénétration et de microdivision, on est amené à faire intervenir une action biochimique par des acides simples (oxalique) ou de nature plus complexe qui provoque une dissolution. L'altération des minéraux commencée par les végétaux inférieurs se poursuit dans la rhizosphère et sous les litières des végétaux supérieurs.

L'intensité et la généralisation de cette intervention directe et indirecte des êtres vivants à l'étage Alpin et Subalpin explique la grande extension du processus de podzolisation.

L'étude des minéraux constituant la fraction argile des sols montre que si les phénomènes de destruction des minéraux primaires sont importants, la néogenèse de minéraux secondaires est par contre quasi absente. La fraction argile est donc essentiellement constituée de minéraux primaires microdivisés hérités (quartz - micas) ou transformés (vermiculites). De tels minéraux étant par eux-mêmes peu susceptibles de s'agréger, la structure des sols dépendra là encore essentiellement de l'intervention de la microflore ou de la mésofaune.

---

(1) Station de Science du Sol - INRA Versailles.

(2) Réserve des Aiguilles Rouges.

(3) Stagiaire DEA fédéral - Université Paris.

Des études micromorphologiques (microscopie à balayage + microanalyse) ont été entreprises pour caractériser les premiers stades de la formation des sols à partir d'une roche cristalline (gneiss) - altération des minéraux primaires (mica - feldspath et quartz) et formation de minéraux secondaires - agrégation des particules et formation d'une microstructure. Pour cela, une arête sommitale colonisée par les végétaux pionniers à 2500 m d'altitude (Brévent) et le ranker qui s'y développe ont été choisis comme constituant un milieu modèle pour mettre en évidence le rôle des êtres vivants. Seul sera illustré ici leur rôle dans l'altération, le reste donnant seulement lieu à un bref résumé.

Les rochers étudiés apparaissent principalement colonisés par des lichens appartenant aux différents genres : Rhizocarpon, Lecidea, Umbilicaria, Diploschistes ... Au microscope à balayage, il n'a pas été possible de mettre en évidence une colonisation abondante par les bactéries. Il se peut d'ailleurs que les lichens secrètent des substances bactéricides. Les végétaux les plus primitifs observés sont les *algues* qui peuvent pénétrer sur plusieurs mm à l'intérieur des roches siliceuses compactes. A l'intérieur des roches (1) - les n° renvoient aux photographies - elles apparaissent collées sur des minéraux quasi intacts ; à la surface (2) elles peuvent développer des colonies et les minéraux sous-jacents (ici des plagioclases) ont alors déjà un aspect très altéré.

Les *champignons* apparaissent beaucoup plus abondants. Leurs hyphes de très grande longueur (plusieurs centaines de microns) mais de section étroite (2 µm) et relativement constante, recouvrent les minéraux et paraissent se fondre à leur surface (3).

Les lichens à thalle foliacé (Umbilicaria cylindrica) s'attachent aux minéraux par leur rhizine : à ces points de contact, ils provoquent le soulèvement des minéraux et leur microdivision (4).

Mais comme pour les *lichens à thalle encroûtant* (*Rhizocarpon geographicum, Diploschistes*) ce sont les hyphes qui sont les plus efficaces pour assurer un contact étroit à la surface des minéraux (5). Grâce à leur faible diamètre (A à 2 µm), ils peuvent pénétrer jusqu'à l'intérieur des paquets de feuillets des micas (6 - 7).

Certains lichens (*Acarospora hospitans*) se développent sur des quartz (8). Ils semblent capables d'agrandir des fissures préexistantes et de provoquer une corrosion chimique au contact hyphe - minéral (9).

Des fragments riches en Si et Ca apparaissent collés à la surface des hyphes (10). A la surface du thalle apparaissent une multitude de petites boules (11) de taille relativement homogène (5 µm) et ayant une composition organo-minérale riche en Si.

Au niveau des *végétaux supérieurs* et dans la rhizosphère de rhododendrons il a été possible de mettre en évidence des contacts étroits entre radicelles et minéraux, celles-ci pouvant même traverser ces derniers, mais il semble que là encore le rôle essentiel soit à donner aux hyphes des champignons qui se développent dans la rhizosphère (12).

Si maintenant on examine les *minéraux* prélevés au contact des hyphes des lichens, beaucoup présentent des traces importantes d'altération physique (désagrégation, microdivision) (13) et chimique : - figures de dissolution et de reprécipitation sur mica (14), de dissolution de feldspaths (15) ou de quartz (9). A la surface des minéraux, il est aussi possible de mettre en évidence des composés secondaires généralement organo-minéraux formés soit de gels Si Al Fe (16), soit d'hydrate de fer mal cristallisé (17) formant des boules de petite taille. A d'autres endroits et sous les hyphes il a été possible de mettre en évidence des cristaux d'oxalate de calcium identifiés grâce à l'analyse thermique différentielle (18).

Sans apporter de preuve absolue, ces illustrations apportent un certain nombre d'éléments ayant trait :

- au contact étroit, au recouvrement des surfaces et à la pénétration importante des minéraux réalisés par des hyphes mycéliens.

- à la microdivision des minéraux et à leur altération chimique qui peut être considérée comme très importante surtout quand elle concerne des minéraux réputés résistants dans les régions tempérées (quartz, feldspaths alcalins).

Pour expliquer de tels phénomènes qui ne peuvent pas être mis sur le compte de l'action hydrolytique de l'eau étant donnée l'altitude de prélèvements des échantillons (2 mois sans neige, t moyenne annuelle - 1° C à 2600 m) on peut invoquer la secrétion des acides polycarboyliques (oxalique mis en évidence ici) ou citrique qui parmi tous les composés acides naturels ont l'effet le plus important dans l'altération.

Les divers composés organiques secrétés ont un rôle à la fois sur la destruction des minéraux et sur la néogenèse de produits mal cristallisés (gels Si Al Fe, hydrates de fer). Il semble même que pour certains éléments chimiques (Ca et Si) on puisse invoquer un véritable cycle biologique. Dans tous les cas et même pour les végétaux supérieurs le rôle essentiel appartiendrait ici aux hyphes des champignons.

A cette action des acides secrétés par les hyphes vient s'ajouter au niveau des profils l'action biochimique des acides organiques hydrosolubles issus des litières et dont la vitesse de minéralisation est faible à cause des basses températures. L'intensité et la généralisation de cette intervention directe et indirecte des êtres vivants à l'étage alpin et subalpin expliquent la grande extension du processus de podzolisation.

L'étude des minéraux constituant la fraction argile des sols montre que si les phénomènes de destruction des minéraux primaires sont importants, la néogenèse de minéraux secondaires argileux est par contre quasi absente. La fraction argile est donc essentiellement constituée de minéraux primaires microdivisés hérités (quartz - micas) ou transformés (vermiculites). De tels minéraux étant par eux-mêmes peu susceptibles de s'agréger, la structure des sols dépendra là encore essentiellement de l'intervention de la microflore ou de la mésofaune.

Il semble donc que le milieu alpin ou subalpin constitue un milieu modèle pour étudier l'action du facteur biologique et biochimique et ceci à tous les stades de formation des sols et à tous les niveaux de l'organisation pédologique.

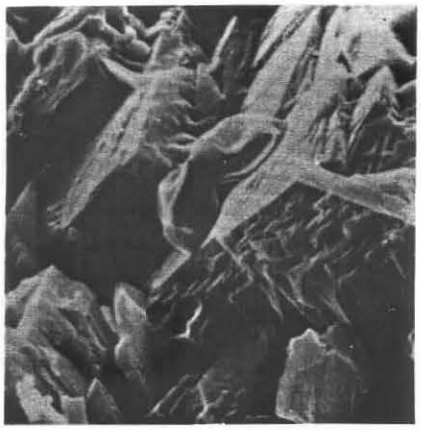
BIBLIOGRAPHIE

LEGROS (J.P.) et CABIDOCHE (V.M.) 1977. - Les types de sols et leur répartition dans les Alpes et les Pyrénées cristallines. *Doc. de cart. écolog.* XIX, 1 - 19.

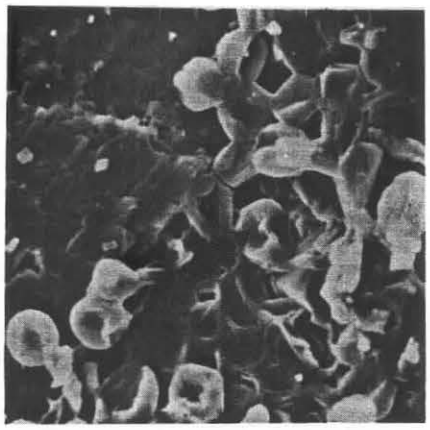
CABIDOCHE (V.M.) 1979. - *Contribution à l'étude des sols de Haute Montagne.* Thèse de 3ème cycle, Univ. Sciences et techniques, Montpellier.

Planche 1

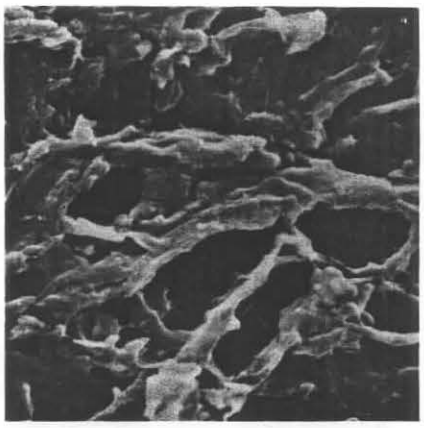
1 - algues à l'intérieur de la roche
2 - algues à la surface sur des plagioclases
3 - champignons
4 - Umbilicaria cylindrica sur mica
5 - hyphes de Rhizocarpon sur un feldspath
6 et 7 - pénétration de Rhizocarpon geographicum dans des micas
8 - Acarospora hospitans sur quartz
9 - corrosion chimique du quartz



1 — 2 µ

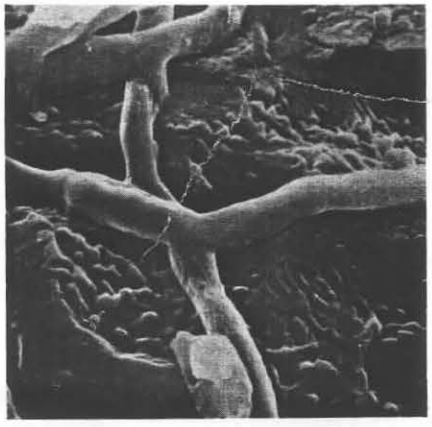


2 — 10 µ

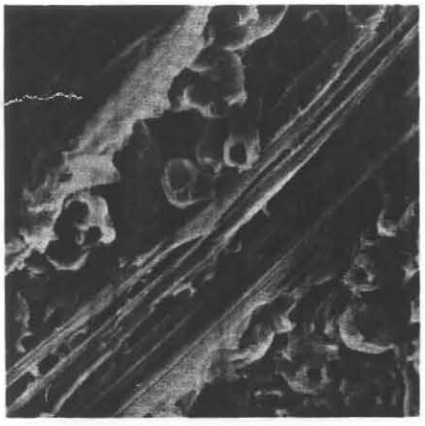


3 — 1 µ

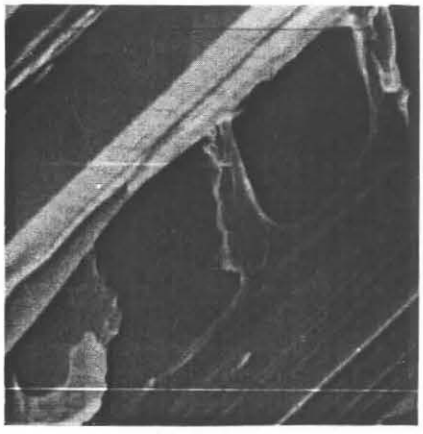
4 — 100 µ



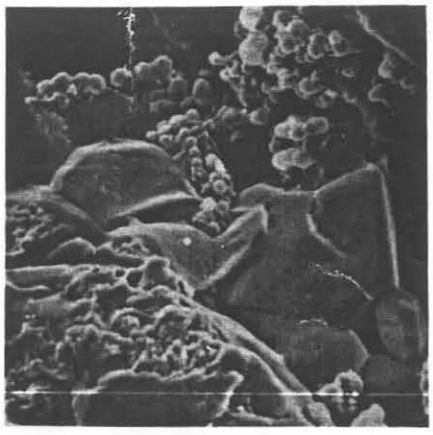
5 — 5 µ



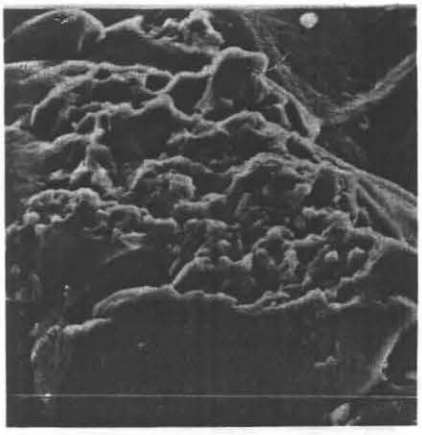
6 — 10 µ



7 — 1 µ



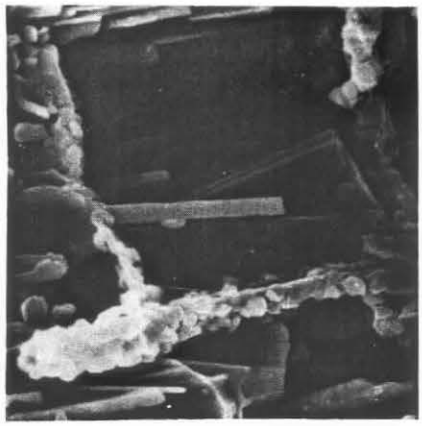
8 — 20 µ



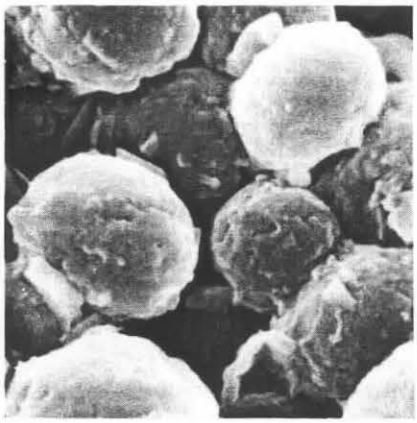
9 — 10 µ

Planche 2

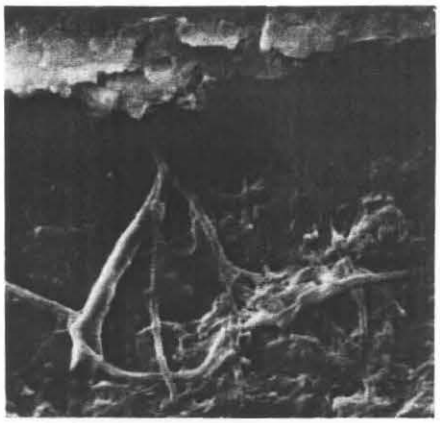
10 - hyphes d'Acarospora hospitans avec fragments collés
11 - petites boules riches en Si (sur le thalle)
12 - hyphes de champignons dans la rhizosphère de rhododendron (sur mica)
13 - mica microdivisé
14 -figures de dissolution et de reprécipitation sur mica
15 - dissolution de felspath (Na - Ca)
16 - gels de composition Si - Al - Fe sur mica
17 - hydrates de fer mal cristallisés sur mica
18 - cristaux d'oxalate de Ca



10 —— 5µ

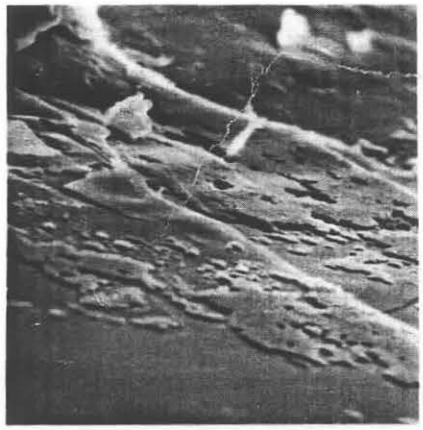


11 —— 2µ

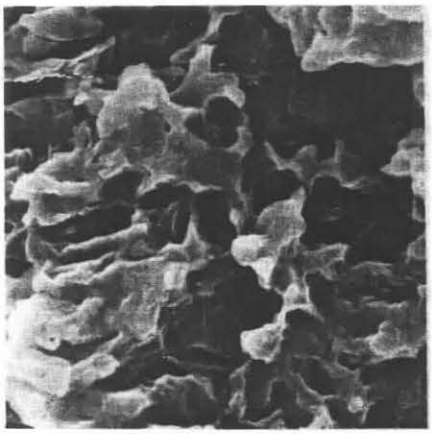


12 —— 5µ

13 —— 1µ



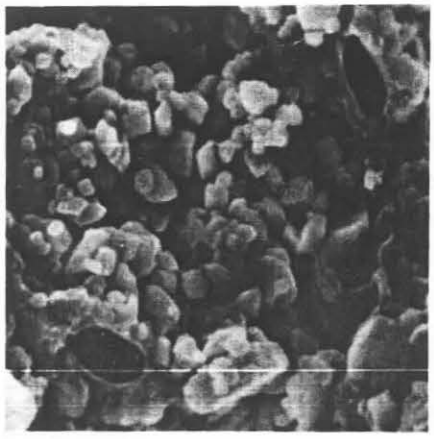
14 —— 2µ



15 —— 5µ

16 —— 2µ

17 —— 1µ



18 —— 2µ